

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-91811

(P2003-91811A)

(43) 公開日 平成15年3月28日 (2003.3.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テリト <sup>*</sup> (参考)
G 1 1 B	5/738	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/65		
	5/66		
	5/667		

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-282432(P2001-282432)

(22) 出願日 平成13年9月17日 (2001.9.17)

(71) 出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 清水 謙治

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電

工エイチ・ディー株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

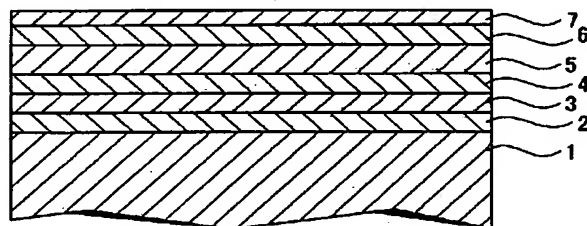
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 記録再生特性、熱揺らぎ特性に優れた磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 非磁性基板1上に、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜3と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜5と、保護膜6が設けられ、配向制御膜3がNiを33~80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなる。



- 1 : 非磁性基板
- 2 : 軟磁性下地膜
- 3 : 配向制御膜
- 4 : 中間膜
- 5 : 垂直磁性膜
- 6 : 保護膜
- 7 : 潤滑膜

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜が設けられ、前記配向制御膜が、Niを33～80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 配向制御膜がhcp構造を有すること 10 を特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 配向制御膜が、NiTa合金、NiNb合金、NiTi合金、NiZr合金からなる群から選ばれた少なくとも1種からなることを特徴とする請求項1または2記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 垂直磁性膜の垂直磁気異方性定数Kuが、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上であることを特徴とする請求項1～3のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 垂直磁性膜が、CoCrPtを主成分とする組成を有し、かつCrの含有率が16at%以上 20 24at%以下、Ptの含有率が14at%以上24at%以下であり、

保磁力(Hc)が3000(Oe)以上、逆磁区核形成磁界(-Hn)が0(Oe)以上2500(Oe)以下、残留磁化(Mr)と飽和磁化(Ms)との比Mr/Msが0.9以上であることを特徴とする請求項1～4のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 配向制御膜の結晶粒径が、2nm以上 30 20nm以下であることを特徴とする請求項1～5のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 配向制御膜の厚さが、0.5nm以上 20nm以下であることを特徴とする請求項1～6のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 垂直磁性膜が、0.1at%以上5at%以下のBを含有し、 $\Delta\theta 50^\circ$ が $2 \sim 10^\circ$ の範囲であることを特徴とする請求項1～7のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項9】 非磁性基板と軟磁性下地膜との間に、 40 硬磁性材料からなる硬磁性膜が設けられていることを特徴とする請求項1～8のうちのいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設け、前記配向制御膜を、Niを33～80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなるものとすることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項11】 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、

磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、

磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、

前記配向制御膜がNiを33～80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体、その製造方法、およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在市販されている磁気記録媒体は、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し水平に配向した面内磁気記録媒体がほとんどである。このような面内磁気記録媒体では、高記録密度化するとビット体積が小さくなりすぎ、熱揺らぎ効果により記録再生特性が悪化する可能性がある。また、高記録密度化した際に、記録ビット境界での反磁界の影響により媒体ノイズが増加する。これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した際にもビット境界での反磁界の影響が小さく、境界が鮮明な記録磁区が形成されるため低ノイズ化が可能であり、しかも比較的ビット体積が大きくても高記録密度化が可能であることから熱揺らぎ効果にも強く、近年大きな注目を集めており、垂直磁気記録に適した媒体の構造が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年では、磁気記録媒体の更なる高記録密度化が要望されており、垂直磁性膜に対する書き込み能力に優れる単磁極ヘッドを用いるために、記録層である垂直磁性膜と基板との間に、裏打ち層と称される軟磁性材料からなる層を設け、単磁極ヘッドと、磁気記録媒体の間の磁束の出入りの効率を向上させた磁気記録媒体が提案されている。しかしながら、上記裏打ち層を設けた磁気記録媒体を用いた場合でも、記録再生時の記録再生特性や、熱揺らぎ耐性、記録分解能において満足できるものではなく、これらの特性に優れた磁気記録媒体が要望されていた。特許第2669529号公報には、Ti下地膜に他の元素を含有させることにより、下地膜とCo合金磁性膜との間の格子の整合性を高め、Co合金磁性膜のc軸配向性を向上させることが提案されている。しかしながら、Ti合金下地膜を用いると、Co合金磁性膜中の磁気クラスター径が大きく

なり、その結果、媒体ノイズが大きくなり、更なる高記録密度化は困難である。特開平8-180360号公報には、CoとRuからなる下地膜を用いることにより、Co合金磁性膜のc軸配向性を向上させることが提案されている。しかしながら、CoとRuからなる下地膜は結晶粒径が大きくなり、その結果Co合金磁性膜中の磁性粒子径が大きくなり、媒体ノイズが大きくなり、更なる高密度化は困難である。特開昭63-211117号公報には、炭素含有下地膜を用いることが提案されている。しかしながら、炭素含有下地膜を用いると、この膜がアモルファス構造であるために、垂直磁性膜のc軸配向性が悪化するため、熱揺らぎ耐性が悪化し、更なる高記録密度化は困難である。本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、記録再生特性、熱揺らぎ耐性を向上させ、高密度の情報の記録再生が可能な磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。本発明の磁気記録媒体は、配向制御膜が、Niを33~80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなることを特徴とする。配向制御膜は、hcp構造を有することが好ましい。配向制御膜は、NiTa合金、NiNb合金、NiTi合金、NiZr合金からなる群から選ばれた少なくとも1種からなるものとしてすることができる。垂直磁性膜の垂直磁気異方性定数Kuは、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上とするのが好ましい。本発明の磁気記録媒体は、垂直磁性膜が、CoCrPtを主成分とする組成を有し、かつCrの含有率が16at%以上24at%以下、Ptの含有率が14at%以上24at%以下であり、保磁力(Hc)が3000(Oe)以上、逆磁区核形成磁界(-Hn)が0(Oe)以上2500(Oe)以下、残留磁化(Mr)と飽和磁化(Ms)との比Mr/Msが0.9以上であることが好ましい。配向制御膜の結晶粒径は、2nm以上20nm以下であることが好ましい。配向制御膜の厚さは、0.5nm以上20nm以下であることが好ましい。垂直磁性膜は、0.1at%以上5at%以下のBを含有し、 $\Delta\theta 50^\circ$ が $2 \sim 10^\circ$ の範囲であることが好ましい。非磁性基板と軟磁性下地膜との間には、硬磁性材料からなる硬磁性膜を設けることができる。

【0005】本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設け、前記配向制御膜を、Niを33~80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料か

らなるものとすることを特徴とする。

【0006】本発明の磁気記録再生装置は、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、配向制御膜がNiを33~80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなることを特徴とする。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体は、非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、中間膜4と、垂直磁性膜5と、保護膜6と、潤滑膜7とが順次形成されて構成されている。非磁性基板1としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板を用いてもよいし、ガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどの非金属材料からなる非金属基板を用いてもよい。ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがある。アモルファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノケートガラス、アルミノシリケートガラスを使用できる。また、結晶化ガラスとしては、リチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などが使用可能である。非磁性基板1としては、上記金属基板や非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法によりNiP膜が形成されたものを用いることもできる。

【0008】軟磁性下地膜2は、磁気ヘッドからの磁束を基板垂直方向成分を大きくするためと、情報が記録される垂直磁性膜5の磁化を、より強固に基板1に垂直な方向に固定するために設けられているものである。この作用は特に、記録再生用の磁気ヘッドとして垂直記録用の単磁極ヘッドを用いる場合に、より顕著となる。

【0009】軟磁性下地膜2は、軟磁性材料からなるもので、この材料としては、Fe、Ni、Coを含む材料を用いることができる。この材料としては、FeCo系合金(FeCo、FeCoVなど)、FeNi系合金(FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど)、FeAl系合金(FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlOなど)、FeCr系合金(FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど)、FeTa系合金(FeTa、FeTaC、FeTaNなど)、FeMg系合金(FeMgOなど)、FeZr系合金(FeZrNなど)、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、FeB系合金などを

挙げることができる。またFeを60at%以上含有するFeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrN等の微結晶構造を有する材料を用いてもよいし、微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニュー構造を有する材料を用いてもよい。軟磁性下地膜2の材料としては、上記のほか、Coを80at%以上含有し、かつZr、Nb、Ta、Cr、Moのうち少なくとも1種を含有し、アモルファス構造を有するCo合金を用いることができる。この材料としては、CoZr系合金、CoZrNb系合金、CoZrTa系合金、CoZrCr系合金、CoZrMo系合金などを好適なものとして挙げることができる。

【0010】軟磁性下地膜2の保磁力Hcは200(Oe)以下(好ましくは50(Oe)以下)とするのが好ましい。この保磁力Hcが上記範囲を超えると、軟磁性特性が不十分となり、再生波形がいわゆる矩形波でなく、歪みをもった波形になるため好ましくない。軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bsは、0.6T以上(好ましくは1T以上)とするのが好ましい。このBsが上記範囲未満であると、再生波形がいわゆる矩形波でなく、歪みをもった波形になるため好ましくない。また、軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bsと軟磁性下地膜2の膜厚tとの積Bs・tは、40T・nm以上(好ましくは60T・nm以上)であることが好ましい。このBs・tが上記範囲未満であると、再生波形が歪みをもつようになり、OW特性(オーバーライト特性)が悪化するため好ましくない。

【0011】軟磁性下地膜2の表面(配向制御膜3側の面)は、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的または完全に酸化されていることが好ましい。これにより、軟磁性下地膜2の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この磁気的な揺らぎに起因するノイズを低減して、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。また、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御膜3の結晶粒を微細化して、記録再生特性を改善することができる。

【0012】この軟磁性下地膜2の表面の酸化部分(酸化層)は、例えば軟磁性下地膜2を形成した後、軟磁性下地膜2の表面を、酸素を含む雰囲気中に曝す方法や、軟磁性下地膜2の表面に近い部分を成膜する際のプロセス中に酸素を導入する方法により形成することができる。具体的には、軟磁性下地膜2の表面を酸素含有雰囲気中に曝す場合には、酸素単体、または酸素をアルゴンや窒素などで希釈したガス雰囲気中に0.3~20秒程度保持しておけばよい。また、軟磁性下地膜2を大気中に曝す方法をとることもできる。特に酸素をアルゴンや窒素などで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性下地膜2表面の酸化の度合いの調節が容易になるので、安定した製造を行うことができる。また、軟磁性下地膜2の成膜用のガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてス

パッタ法を用いるならば、成膜時間の一部のみに、酸素を導入したプロセスガスを用いてスパッタを行えばよい。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で0.05%~50%(好ましくは0.1~20%)程度混合したガスが好適に用いられる。

【0013】配向制御膜3は、直上に設けられた中間膜4および垂直磁性膜5の配向性や粒径を制御するもので、Niを33~80at%(好ましくは50~80at%)含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなるものである。Sc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上の含有率は、20at%以上とするのが好ましい。Niの含有率が33at%未満となると、エラーレート改善効果がなくなるため好ましくない。Niの含有率が80at%を超えると、配向制御膜3が磁性を持つようになり、媒体ノイズが増加するため好ましくない。

【0014】配向制御膜3は、NiTa合金、NiNb合金、NiTi合金、NiZr合金からなる群から選ばれた少なくとも1種からなるものであることが好ましい。NiTa合金としては、NiとTaからなる合金(NiTa)を用いてもよいし、この合金を主成分とし、他の元素を含むものを用いることもできる。NiNb合金としては、NiとNbからなる合金(NiNb)を用いてもよいし、この合金を主成分とし、他の元素を含むものを用いることもできる。NiTi合金としては、NiとTiからなる合金(NiTi)を用いてもよいし、この合金を主成分とし、他の元素を含むものを用いることもできる。NiZr合金としては、NiとZrからなる合金(NiZr)を用いてもよいし、この合金を主成分とし、他の元素を含むものを用いることもできる。

【0015】配向制御膜3は、hcp構造を有することが好ましい。配向制御膜3をhcp構造を有するものとすることによって、垂直磁性膜5の配向性を向上させ、記録再生特性および熱揺らぎ耐性を改善することができる。配向制御膜3がhcp構造を有するものであるかどうかは、例えば電子線回折像を調べることによって判断することができる。図2は、60Ni-40Ta(60at%Ni-40%Taを意味する)からなる配向制御膜3の電子回折像を示すものである。この図より、hcp-Niに対応する回折像が確認され、配向制御膜3がhcp構造を有することがわかる。

【0016】配向制御膜3の厚さは、0.5nm以上20nm以下(好ましくは1~10nm)とするのが好ましい。配向制御膜3の厚さが0.5~20nm(好ましくは1~10nm)の範囲であるときには、垂直磁性膜5の垂直配向性が特に高くなり、かつ記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離を小さくすることができるので、再生信号の分解能を低下させることなく記

録再生特性を高めることができる。この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜5における垂直配向性が低下し、記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。また、この厚さが上記範囲を超えると、垂直磁性膜5の垂直配向性が低下し、記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。また記録時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなるため、再生信号の分解能や再生出力が低下するため好ましくない。

【0017】配向制御膜3の表面形状は、垂直磁性膜5、保護膜6の表面形状に影響を与えるため、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくして、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを低くするには、配向制御膜3の表面平均粗さRaを2nm以下とするのが好ましい。表面平均粗さRaを2nm以下とすることによって、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくし、記録再生時における磁気ヘッドの浮上高さを十分に低くし、記録密度を高めることができる。

【0018】配向制御膜3は、酸素と窒素のうち少なくともいずれかを含有させることができる。酸素や窒素を含有させるには、配向制御膜3を形成する際に、成膜ガス（プロセスガス）に酸素または窒素を含有させる方法をとることができる。例えば、成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜用ガスとして、アルゴンに酸素を体積率で0.05～50%（好ましくは0.1～20%）程度混合したガス、アルゴンに窒素を体積率で0.01～20%（好ましくは0.02～10%）程度混合したガスが好適に用いられる。酸素、窒素を含有させることによって、配向制御膜3の結晶粒を微細化することができる。

【0019】配向制御膜3の結晶粒径（平均粒径）は、小さすぎれば垂直磁性膜5の配向性が低下し、大きすぎれば垂直磁性膜5における結晶粒子の粗大化を招くため、2nm以上20nm以下であることが好ましい。この平均粒径は、例えば配向制御膜3の結晶粒子をTEM（透過型電子顕微鏡）で観察し、観察像を画像処理することにより求めることができる。

【0020】中間膜4には、hcp構造を有する材料を用いるのが好ましい。中間膜4には、CoCr合金やCoCrX<sub>1</sub>合金やCoX<sub>1</sub>合金（X<sub>1</sub>:Pt、Ta、Zr、Ru、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、NおよびBのうち1種または2種以上）を用いるのが好適である。中間膜4のCoの含有率は30～70at%であることが好ましい。中間膜4の厚さは、垂直磁性膜5における磁性粒子の粗大化による記録再生特性の悪化や、磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなることによる記録分解能の低下を起こさないようにするために、20nm以下（好ましくは10nm以下）とするのが好ましい。中間膜4を設けることによって、垂直磁性膜5の垂直配向性を高め、垂直磁性膜5の保磁力を高め、記録再生特性および熱揺らぎ耐性をさら

に向上させることができる。

【0021】垂直磁性膜5は、その磁化容易軸が基板に対して主に垂直方向に向いた磁性膜であり、CoCrPtを主成分とする組成を有し、かつCrの含有率が16at%以上24at%以下（好ましくは18at%以上22at%以下）、Ptの含有率が14at%以上24at%以下（好ましくは15at%以上20at%以下）であることが好ましい。Crの含有率が16at%未満であると、磁性粒子間の交換結合が大きくなり、その結果、磁気クラスター径が大きくなり、ノイズが増大するため好ましくない。また、Crの含有率が24at%を超えると、残留磁化（Ms）と飽和磁化（Mr）の比Mr/Ms、および保磁力Hcが低下するため好ましくない。Ptの含有率が14at%未満であると、記録再生特性の改善効果が不十分となるとともに、残留磁化（Ms）と飽和磁化（Mr）の比Mr/Msが低下し熱揺らぎ耐性が悪化するため好ましくない。また、Ptの含有率が24at%を超えると、ノイズが増大するため好ましくない。なお本明細書において、主成分とは、当該成分を50at%を超えて含むことを意味する。

【0022】垂直磁性膜5は、上記Co、Cr、Ptに加え、Bを0.1at%以上、5at%以下含有することが好ましい。Bの使用により、磁気クラスターサイズを低減することができ、記録再生特性を改善することが可能となる。垂直磁性膜5にCoCrPt系合金を用いる場合には、B以外にも任意の元素を添加することも可能である。この元素としては、特に限定されるものではないが、Ta、Mo、Nb、Hf、Ir、Cu、Ruを挙げることができる。

【0023】垂直磁性膜5は、上記CoCrPt系材料からなる1層構造とすることもできるし、上記CoCrPt系合金材料からなる層と、CoCrPt系合金材料とは異なる材料からなる層を含む2層以上の構造とすることもできる。また、Co系合金（CoCr、CoB、Co-SiO<sub>2</sub>等）層とPd系合金（PdB、Pd-SiO<sub>2</sub>等）層を積層した構造や、TbFeCo等のアモルファス材料層とCoCrPt系合金材料層とを含む複層構造とすることもできる。

【0024】垂直磁性膜5の厚さは、3～60nm（好ましくは5～40nm）とするのが好ましい。垂直磁性膜5の厚さが上記範囲未満であると、十分な磁束が得られず、再生出力が低下する。また、垂直磁性膜5の厚さが上記範囲を超えると、垂直磁性膜5内の磁性粒子の粗大化が起き、記録再生特性が低下するため好ましくない。

【0025】垂直磁性膜5の保磁力Hcは、3000（Oe）以上とすることが好ましい。この保磁力が3000（Oe）未満の磁気記録媒体は、高記録密度化に不適であり、また熱揺らぎ耐性にも劣るため好ましくない。

【0026】垂直磁性膜5の残留磁化( $M_s$ )と飽和磁化( $M_r$ )の比 $M_r/M_s$ は、0.9以上であることが好ましい。この $M_r/M_s$ が0.9未満の磁気記録媒体は、熱揺らぎ耐性に劣るため好ましくない。

【0027】垂直磁性膜5の逆磁区核形成磁界( $-H_n$ )は、0(Oe)以上2500(Oe)以下であることが好ましい。この逆磁区核形成磁界( $-H_n$ )が0(Oe)未満の磁気記録媒体は、熱揺らぎ耐性に劣るため好ましくない。

【0028】以下、逆磁区核形成磁界( $-H_n$ )について説明する。図3に示すように、MH曲線において、磁化が飽和した状態から外部磁界を減少させる過程で外部磁界が0となる点をaとし、磁化が0になった点をbとし、点bでのMH曲線の接線と飽和磁化を示す直線との交点をcとすると、逆磁区核形成磁界( $-H_n$ )は、点aと点cとの距離(Oe)で表すことができる。なお、逆磁区核形成磁界( $-H_n$ )は、外部磁界が負となる領域に点cがある場合に正の値をとり(図3を参照)、逆に、外部磁界が正となる領域に点cがある場合に負の値をとる(図4を参照)。

【0029】垂直磁性膜5の垂直磁気異方性定数 $K_u$ は、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上であることが好ましい。以下、垂直磁気異方性定数 $K_u$ の測定方法について\*

\*説明する。磁気トルク装置を用いて、試料に十分に大きな磁場を加え、磁性膜の磁区を単一磁区とすると、磁性膜内部に、磁化容易軸を磁場方向に一致させるための回転力がはたらく。磁場が加えられている方向と磁化容易軸方向との角度を $\phi$ とすると、トルク $T$ は、 $K_u \cdot \cos 4\phi$ で表すことができる。このように、トルクは $\phi$ の周期関数となり、トルクを表す曲線をフーリエ解析することによって、垂直磁気異方性定数 $K_u$ を決定することができる。

【0030】この磁気記録媒体では、配向制御膜3がNiを33~80at%含み、Sc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上含む非磁性材料からなるものとするにより、優れたエラーレート、熱揺らぎ耐性を得ることができる。この効果は、垂直磁性膜5の垂直磁気異方性定数 $K_u$ が $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上であるときに、特に優れたものとなる。

【0031】表1は、配向制御膜3にNiTa、TiまたはCを用い、垂直磁気異方性定数 $K_u$ を $0.7 \times 10^6 \sim 0.9 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ とした場合(例1~3)と、 $1.5 \times 10^6 \sim 1.8 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ とした場合(例4~6)の特性を示すものである。

【0032】

【表1】

	配向制御膜	磁性膜 (at%)	エラーレート (10x)	熱揺らぎ耐性 (%/decade)	$K_u$ (erg/cc)
例1	NiTa	66Co-20Cr-12Pt-2B	-5.1	-1.8	$0.9 \times 10^6$
例2	Ti	66Co-20Cr-12Pt-2B	-3.8	-2.5	$0.8 \times 10^6$
例3	C	66Co-20Cr-12Pt-2B	-4.2	-2.9	$0.7 \times 10^6$
例4	NiTa	61Co-20Cr-17Pt-2B	-5.6	-0.5	$1.7 \times 10^6$
例5	Ti	61Co-20Cr-17Pt-2B	-3.2	-0.4	$1.8 \times 10^6$
例6	C	61Co-20Cr-17Pt-2B	-3.5	-1.8	$1.5 \times 10^6$

【0033】表1より、配向制御膜3にTiまたはCを用いた場合(例2、3、5、6)に比べ、配向制御膜3にNiTaを用いた場合(例1、4)には、記録再生特性(エラーレート)および熱揺らぎ耐性が改善されたことがわかる。この改善効果を、垂直磁性膜5の $K_u$ が小さい媒体(例1~3)と、 $K_u$ が大きい媒体(例4~6)との間で比較すると、 $K_u$ が大きい場合(例4)において、より大きな改善効果が得られたことがわかる。このことから、配向制御膜3にNiTaを用いた場合に得られる磁気特性改善効果は、 $K_u$ が大きい場合に、より優れたものとなることがわかる。

【0034】垂直磁性膜5の $\Delta\theta_{50}$ は、 $2 \sim 10^\circ$ であることが好ましい。この $\Delta\theta_{50}$ は、 $2^\circ$ 未満であると、磁性粒子間の交換結合が大きくなり、記録再生特性が劣化するため好ましくない。 $\Delta\theta_{50}$ が $10^\circ$ を超えると、残留磁化( $M_s$ )と飽和磁化( $M_r$ )の比 $M_r/M_s$ が

悪化し、熱揺らぎ耐性が悪化するため好ましくない。

【0035】ここでいう $\Delta\theta_{50}$ とは、当該膜の結晶面の傾き分布を示すものであり、具体的には、膜表面における特定の配向面に関するロッキング曲線のピークの半値幅をいう。 $\Delta\theta_{50}$ は、数値が小さいほど当該膜の結晶配向性が高いということができる。

【0036】以下、 $\Delta\theta_{50}$ を測定する方法の一例を説明する。

(1) ピーク位置決定

図5に示すように、表面側に垂直磁性膜5が形成されたディスクDに、入射X線21を照射し、回折X線22を回折X線検出器23によって検出する。検出器23の位置は、この検出器23によって検出される回折X線22の入射X線21に対する角度(入射X線21の延長線24に対する回折X線22の角度)が、入射X線21のディスクD表面に対する入射角 $\theta$ の2倍、すなわち $2\theta$ と



11

なるように設定する。入射X線21を照射する際には、ディスクDの向きを変化させることにより入射X線21の入射角 $\theta$ を変化させるとともに、これに連動させて、検出器23の位置を、回折X線22の入射X線21に対する角度が $2\theta$ （すなわち入射X線21の入射角 $\theta$ の2倍の角度）を維持するように変化させつつ、回折X線22の強度を検出器23により測定する $\theta-2\theta$ スキャン法を行う。これによって、 $\theta$ と回折X線22の強度との関係を調べ、回折X線22の強度が最大となるような検出器23の位置を決定する。この検出器位置における回折X線22の入射X線21に対する角度 $2\theta$ を、 $2\theta_p$ という。得られた角度 $2\theta_p$ より、膜表面において支配的な結晶面を知ることができる。

【0037】(2) ロッキング曲線の決定

図6に示すように、検出器23を、回折X線22の角度 $2\theta$ が $2\theta_p$ となった位置に固定した状態で、ディスクDの向きを変化させることにより入射X線21の入射角 $\theta$ を変化させ、入射角 $\theta$ と、検出器23によって検出された回折X線22の強度との関係を示すロッキング曲線を作成する。検出器23の位置を、回折X線22の角度 $2\theta$ が $2\theta_p$ となった位置に固定するため、ロッキング曲線は、膜表面の結晶面のディスクD面に対する傾きの分布を表すものとなる。図7は、ロッキング曲線の例を示すものである。 $\Delta\theta_{50}$ とは、このロッキング曲線において当該配向面を示すピークの半値幅をいう。

【0038】垂直磁性膜5は、結晶粒子の平均粒径が5～15nmであることが好ましい。この平均粒径は、例えば垂直磁性膜5の結晶粒子をTEM（透過型電子顕微鏡）で観察し、観察像を画像処理することにより求めることができる。

【0039】保護膜6は垂直磁性膜5の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぐためのもので、従来公知の材料を使用でき、例えばC、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>を含むものが使用可能である。保護膜6の厚さは、1～10nmとするのが望ましい。潤滑剤7には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸などを用いるのが好ましい。

【0040】上記構成の磁気記録媒体にあっては、配向制御膜3がNiを33～80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなるものであるため、保磁力H<sub>c</sub>を高め、Mr/Msを向上させ、逆磁区核形成磁界（-H<sub>n</sub>）を増加させることができる。従って、優れた熱揺らぎ耐性を得ることができる。さらには、記録再生特性を向上させることができる。なお、熱揺らぎとは、記録ビットが不安定となり記録したデータの熱消失が起こる現象をいい、磁気記録媒体装置においては、記録したデータの再生出力の経時的な減衰として現れる。

【0041】なお、本発明において、垂直磁性膜が複数

12

の層からなる複層構造を有するものである場合には、これら層のうち少なくとも1つが、上記第1実施形態における垂直磁性膜5の構成を備えたものであればよい。

【0042】図8は、本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を示すもので、この磁気記録媒体では、非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に、硬磁性材料からなる硬磁性膜8が設けられている。硬磁性膜8にはCoSm合金や、CoCrPtX<sub>2</sub>合金（X<sub>2</sub>: Pt、Ta、Zr、Nb、Cu、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、NおよびBのうち1種または2種以上）を用いるのが好適である。硬磁性膜8は、保磁力H<sub>c</sub>が500（Oe）以上（好ましくは1000（Oe）以上）であることが好ましい。硬磁性膜8の厚さは、150nm以下（好ましくは70nm以下）であることが好ましい。硬磁性膜8の厚さが150nmを超えると、配向制御膜3の表面平均粗さRaが大きくなるため好ましくない。硬磁性膜8は、軟磁性下地膜2と交換結合しており、磁化方向が基板半径方向に向けられた構成とするのが好ましい。硬磁性膜8を設けることにより、より効果的に軟磁性下地膜2での巨大な磁区の形成を抑えることができるので、磁壁によるスパイクノイズの発生を防止して、記録再生時のエラーレートを十分に低くすることができる。硬磁性膜8の配向性を高めるために、非磁性基板1と硬磁性膜8との間にCr合金材料やB2構造材料からなる下地膜を形成してもよい。

【0043】図9は、本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示すもので、この磁気記録媒体では、垂直磁性膜5と保護膜6との間に軟磁性材料からなる磁化安定膜9が設けられている。磁化安定膜9の材料としては、FeCo系合金（FeCo、FeCoVなど）、FeNi系合金（FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど）、FeAl系合金（FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRu、FeAlOなど）、FeCr系合金（FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど）、FeTa系合金（FeTa、FeTaC、FeTa<sub>2</sub>Nなど）、FeMg系合金（FeMgOなど）、FeZr系合金（FeZrNなど）、FeC系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、FeB系合金などを挙げることができる。またFeを60at%以上含有するFeAlO、FeMgO、FeTa<sub>2</sub>N、FeZrN等の微結晶構造、または微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニューラ構造を有する材料を用いてもよい。磁化安定膜9の材料としては、上記のほか、Coを80at%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種を含有し、アモルファス構造を有するCo合金を用いることができる。この材料としては、CoZr系合金、CoZrNb系合金、CoZrTa系合金、CoZrCr系合金、CoZrMo系合金などを好適なものとして挙げるることができる。

【0044】磁化安定膜9の保磁力 $H_c$ は200 (Oe) 以下 (好ましくは50 (Oe) 以下) とするのが好ましい。磁化安定膜9の飽和磁束密度 $B_s$ は、0.4 T 以上 (好ましくは1 T 以上) とするのが好ましい。また、磁化安定膜9の飽和磁束密度 $B_s$ と膜厚 $t$ との積 $B_s \cdot t$ が $7.2 \text{ T} \cdot \text{nm}$ 以下であることが好ましい。この $B_s \cdot t$ が上記範囲を超えると、再生出力が低下するため好ましくない。

【0045】垂直磁性膜5と保護膜6との間に軟磁性膜からなる磁化安定膜9を設けることにより、熱揺らぎ耐性の向上、再生出力の増加を図ることができる。これは、垂直磁性膜5の表面に存在する磁化の揺らぎを、この磁化安定膜9が安定化することにより、漏れ磁束が揺らぎの影響を受けなくなり、再生出力が増加するためであると考えられる。また、この磁化安定膜9が設けられていることにより、垂直磁性膜5の基板に対し垂直な方向の磁化と、軟磁性下地膜2および磁化安定膜9の面内方向の磁化が、閉回路を形成する。この作用により、垂直磁性膜4の磁化がより強固に固定されるので、優れた熱揺らぎ耐性が得られると考えられる。

【0046】上記構成の磁気記録媒体を製造するには、基板1上に、軟磁性下地膜2、配向制御膜3、中間膜4、垂直磁性膜5を順次、スパッタ法、真空蒸着、イオンプレーティングなどにより形成する。軟磁性下地膜2の表面には、必要に応じて酸化処理を施すこともできる。配向制御膜3を形成する際には、Niを33~80 at% 含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料を用いる。配向制御膜3は、酸素と窒素のうち少なくともいずれかを含有させることができる。酸素や窒素を含有させるには、配向制御膜3を形成する際に、成膜ガス(プロセスガス)に酸素または窒素を含有させる方法をとることができる。

【0047】垂直磁性膜5を形成する際には、垂直磁気異方性定数 $K_u$ が $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上となるように材料や成膜条件を選択するのが好ましい。垂直磁性膜5を形成する際には、 $\Delta\theta_{50}$ が、 $2 \sim 10^\circ$  となるように材料や成膜条件を選択するのが好ましい。次いで保護膜6を、好ましくはプラズマCVD法、イオンビーム法、スパッタ法などにより形成する。潤滑剤7を形成するには、ディッピング法、スピンコート法などの従来公知の方法を採用することができる。図8に示す磁気記録媒体を製造するには、基板1と軟磁性下地膜2との間に、スパッタ法などにより硬磁性膜8を形成する。図9に示す磁気記録媒体を製造するには、垂直磁性膜5と保護膜6との間にスパッタ法などにより磁化安定膜9を形成する。

【0048】図10は、上記磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置の例を示すものである。ここに示す磁気記録再生装置は、上記実施形態の磁気記録媒体10と、磁

気記録媒体10を回転駆動させる媒体駆動部11と、磁気記録媒体10に情報を記録再生する磁気ヘッド12と、ヘッド駆動部13と、記録再生信号処理系14とを備えている。記録再生信号処理系14は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド12に送ったり、磁気ヘッド12からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。磁気ヘッド12としては、垂直記録用の単磁極ヘッドを例示することができる。図10(b)に示すように、この単磁極ヘッドとしては、主磁極12aと、補助磁極12bと、これらを連結する連結部12cに設けられたコイル12dとを有する構成のものを好適に用いることができる。

【0049】上記磁気記録再生装置によれば、上記磁気記録媒体10を用いるので、熱揺らぎ耐性および記録再生特性を高めることができる。従って、データ消失などのトラブルを未然に防ぐとともに、高記録密度化を図ることができる。

【0050】

【実施例】以下、実施例を示して本発明の作用効果を明確にする。ただし、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

(実施例1) 洗浄済みのガラス基板1(オハラ社製、外形2.5インチ)をDCマグネトロンスパッタ装置(アネルバ社製C-3010)の成膜チャンパ内に収容して、到達真空度 $1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ となるまで成膜チャンパ内を排気した後、このガラス基板1上に $89\text{Co}-4\text{Zr}-7\text{Nb}$ (Co含有率89at%、Zr含有率4at%、Nb含有率7at%)のターゲットを用いて $100^\circ\text{C}$ 以下の基板温度で厚さ100nmの軟磁性下地膜2をスパッタリングにより成膜した。この膜の飽和磁束密度 $B_s$ (T)と膜厚 $t$ (nm)の積 $B_s \cdot t$ ( $\text{T} \cdot \text{nm}$ )が110( $\text{T} \cdot \text{nm}$ )であることを振動式磁気特性測定装置(VSM)で確認した。次いで、基板を $200^\circ\text{C}$ に加熱して、上記軟磁性下地膜2上に、 $60\text{Ni}-40\text{Ta}$ ターゲットを用いて厚さ8nmの配向制御膜3を形成し、 $65\text{Co}-30\text{Cr}-5\text{B}$ ターゲットを用いて厚さ5nmの中間膜4を形成し、 $61\text{Co}-20\text{Cr}-17\text{Pt}-2\text{B}$ ターゲットを用いて厚さ25nmの垂直磁性膜5を形成した。なお、上記スパッタリング工程においては、成膜用のプロセスガスとしてアルゴンを用い、圧力0.5Paにて成膜した。次いで、CVD法により厚さ5nmの保護膜6を形成した。次いで、ディッピング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜7を形成し、磁気記録媒体を得た(表2を参照)。配向制御膜3の結晶構造を確認するため、基板1上に軟磁性下地膜2( $89\text{Co}-4\text{Zr}-7\text{Nb}$ )を形成し、その上に $60\text{Ni}-40\text{Ta}$ からなる厚さ8nmの配向制御膜3を形成し、この配向制御膜3の電子回折像を調べたところ、配向制御膜3の結晶はhcp構造となったことがわかった。



【0051】（実施例2～13）配向制御膜3の組成または厚さを変えた以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。（表2参照）

【0052】（比較例1～3）Ti、60Ru-40Co、またはCからなるターゲットを用いて配向制御膜3を形成すること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した（表2を参照）。

【0053】（比較例4、5）85Ni-15Taまたは25Ni-75Taからなるターゲットを用いて配向制御膜3を形成すること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した（表2を参照）。

【0054】これら実施例および比較例の磁気記録媒体について、記録再生特性および静磁気特性を評価した。この評価は、GUZIK社製リードライトアナライザ\*

\*WA1632、およびスピンスタンドS1701MPを用いて行った。記録再生特性の評価には、書込部に単磁極を用い、再生部にGMR素子を用いた磁気ヘッドを用いて、記録周波数520kFCIにて測定した。熱揺らぎ特性の評価については、70℃の条件下で記録周波数50kFCIにて書き込みをおこなった後の再生出力の減衰率を $(S_0 - S) \times 100 / (S_0 \times 3)$ に基づいて算出した。この式において、 $S_0$ は磁気記録媒体に書き込み後1秒経過時の再生出力を示し、 $S$ は1000秒後の再生出力を示す。また、垂直磁性膜5のc軸分散度を、ロッキングカーブから算出した。最大強度の半価幅 $(\Delta\theta 50)$ で示す。これらの試験結果を表2に示す。

【0055】

【表2】

	軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜	垂直磁性膜	記録再生特性 I <sub>W</sub> -レト (10x)	熱揺らぎ特性 (%/decade)	静磁気特性				垂直磁性膜 $\Delta\theta 50$ (°)
	組成	Bs・t (T・nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)					Hc (Oe)	Mr/Ms	-Hn (Oe)	Ku (erg/cc)	
実施例1	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.6	-0.5	4064	0.96	736	$1.7 \times 10^6$	6.1
実施例2	CoZrNb	110	60Ni-40Hf	8	*1	*2	-5.3	-0.7	3828	0.93	526	$1.7 \times 10^6$	5.8
実施例3	CoZrNb	110	55Ni-45Nb	8	*1	*2	-5.4	-0.5	3607	0.93	430	$1.8 \times 10^6$	6.1
実施例4	CoZrNb	110	50Ni-50Y	8	*1	*2	-5.1	-0.6	3934	0.96	556	$1.6 \times 10^6$	6.8
実施例5	CoZrNb	110	75Ni-25Zr	8	*1	*2	-5.7	-0.5	3791	0.95	708	$1.7 \times 10^6$	5.7
実施例6	CoZrNb	110	65Ni-35Ti	8	*1	*2	-5.2	-0.7	3503	0.94	644	$1.7 \times 10^6$	6.0
実施例7	CoZrNb	110	60Ni-30Nb-10Ta	8	*1	*2	-5.9	-0.4	4241	0.93	721	$1.9 \times 10^6$	5.2
実施例8	CoZrNb	110	35Ni-33Y-32Zr	8	*1	*2	-5.5	-0.6	4047	0.93	532	$1.7 \times 10^6$	6.7
実施例9	CoZrNb	110	60Ni-30Hf-10Cr	8	*1	*2	-6.0	-0.6	3646	0.95	624	$1.8 \times 10^6$	6.1
実施例10	CoZrNb	110	65Ni-30Ta-5Zr	8	*1	*2	-5.9	-0.4	4187	0.97	797	$1.6 \times 10^6$	5.3
実施例11	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	0.5	*1	*2	-5.5	-0.6	3590	0.97	579	$1.7 \times 10^6$	6.8
実施例12	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	18	*1	*2	-5.5	-0.9	3576	0.91	230	$1.6 \times 10^6$	6.6
実施例13	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	40	*1	*2	-5.3	-1.2	3552	0.90	140	$1.8 \times 10^6$	8.1
比較例1	CoZrNb	110	Ti	20	*1	*2	-3.2	-0.4	3180	0.99	1020	$1.8 \times 10^5$	4.8
比較例2	CoZrNb	110	60Ru-40Co	30	*1	*2	-4.2	-0.6	3950	0.92	260	$1.7 \times 10^6$	6.9
比較例3	CoZrNb	110	C	10	*1	*2	-3.5	-1.8	3300	0.86	-	$1.5 \times 10^5$	12.8
比較例4	CoZrNb	110	85Ni-15Ta	8	*1	*2	-3.8	-0.4	3990	0.94	916	$1.7 \times 10^6$	6.2
比較例5	CoZrNb	110	25Ni-75Ta	8	*1	*2	-3.5	-1.2	3552	0.91	331	$1.7 \times 10^5$	8.9

\*1)中間膜：65Co-30Cr-5B（厚さ5nm）

\*2)垂直磁性膜：61Co-20Cr-17Pt-2B（厚さ25nm）

【0056】表2より、配向制御膜3に、Niを33～80at%含み、Sc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を20at%以上含む非磁性材料を用いた実施例では、比較例に比べ、優れた記録再生特性を示すことが分かる。

【0057】（実施例14～22）垂直磁性膜5を表3

に示すとおりとする以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。（表3参照）

これらの実施例および比較例の磁気記録媒体についての評価試験の結果を表3に示す。

【0058】

【表3】

	軟磁性下地膜		配向制御膜	中間膜	垂直磁性膜		記録再生特性 I <sub>w</sub> -レト (10x)	熱揺らぎ特性 (%/decade)	静磁気特性			
	組成 (at%)	B <sub>s</sub> -t (T·nm)			組成 (at%)	厚さ (nm)			H <sub>c</sub> (Oe)	Mr/M <sub>s</sub>	-H <sub>n</sub> (Oe)	K <sub>u</sub> (erg/cc)
実施例1	CoZrNb	110	*1	*2	61Co-20Cr-17Pt-2B	25	-5.6	-0.5	4064	0.96	736	1.7×10 <sup>6</sup>
実施例14	CoZrNb	110	*1	*2	64Co-17Cr-17Pt	25	-5.0	-0.3	4049	0.98	1488	2.7×10 <sup>6</sup>
実施例15	CoZrNb	110	*1	*2	58Co-24Cr-17Pt	25	-5.4	-1.1	3369	0.91	108	1.2×10 <sup>6</sup>
実施例16	CoZrNb	110	*1	*2	65Co-20Cr-14Pt	25	-5.1	-0.9	3610	0.91	233	1.1×10 <sup>6</sup>
実施例17	CoZrNb	110	*1	*2	57Co-20Cr-23Pt	25	-5.0	-0.8	3511	0.92	330	1.5×10 <sup>6</sup>
実施例18	CoZrNb	110	*1	*2	61Co-20Cr-17Pt-11Ir	25	-5.5	-0.4	3557	0.96	537	2.1×10 <sup>6</sup>
実施例19	CoZrNb	110	*1	*2	61Co-20Cr-17Pt-20Cu	25	-5.4	-0.3	4421	0.99	1040	2.1×10 <sup>6</sup>
実施例20	CoZrNb	110	*1	*2	61Co-20Cr-13Pt	25	-4.4	-1.8	3699	0.83	-	0.9×10 <sup>6</sup>
実施例21	CoZrNb	110	*1	*2	55Co-20Cr-25Pt	25	-4.1	-0.8	2961	0.87	-	0.9×10 <sup>6</sup>
実施例22	CoZrNb	110	*1	*2	56Co-25Cr-17Pt	25	-5.4	-2.9	2880	0.76	-	0.8×10 <sup>6</sup>

\*1)配向制御膜: 60Ni-40Ta (厚さ8nm)

\*2)中間膜: 65Co-30Cr-5B (厚さ5nm)

【0059】表3より、Crの含有率が16at%以上24at%以下、Ptの含有率が14at%以上24at%以下である磁気記録媒体は、Cr含有率またはPt含有率が上記範囲を外れる実施例に比べ、優れた磁気特性を示すことが分かる。また、保磁力(H<sub>c</sub>)が3000(Oe)以上、逆磁区核形成磁界(-H<sub>n</sub>)が0(Oe)以上2500(Oe)以下、Mr/M<sub>s</sub>が0.9以上である実施例は、比較例4、5に比べ優れた磁気特性\*

\*を示すことが分かる。

【0060】(実施例23~29)軟磁性下地膜2の組成を表4に示すとおりとする以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。(表4参照)

これらの実施例の磁気記録媒体についての評価試験の結果を表4に示す。

【0061】

【表4】

	軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜		垂直磁性膜	記録再生特性 I <sub>w</sub> -レト (10x)	熱揺らぎ特性 (%/decade)	静磁気特性		
	組成 (at%)	B <sub>s</sub> -t (T·nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)				H <sub>c</sub> (Oe)	Mr/M <sub>s</sub>	-H <sub>n</sub> (Oe)
実施例1	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.6	-0.5	4064	0.96	736
実施例23	CoTaZr	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.5	-0.6	3989	0.98	669
実施例24	FeAlSi	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.3	-0.6	4011	0.95	609
実施例25	FeTaC	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.7	-0.5	3859	0.95	790
実施例26	FeAlO	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.8	-0.7	3992	0.95	660
実施例27	CoZrNb	5	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.3	-0.6	4009	0.97	590
実施例28	CoZrNb	20	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.5	-0.5	3955	0.97	692
実施例29	CoZrNb	400	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.6	-0.6	4102	0.96	701

\*1)垂直磁性膜: 61Co-20Cr-17Pt-2B (厚さ25nm)

【0062】表4より、いずれの実施例においても、優れた記録再生特性を得ることができたことが分かる。

【0063】(実施例30~32)軟磁性下地膜2の表面を酸素含有ガス(純酸素(100%O<sub>2</sub>)、50%O<sub>2</sub>-50%A<sub>r</sub>、または大気)に曝すことによって、軟磁性下地膜2に酸化処理を施すこと以外は実施例1に準じ

て磁気記録媒体を作製した。(表5参照)

これらの実施例の磁気記録媒体についての評価試験の結果を表5に示す。

【0064】

【表5】

	軟磁性下地膜				配向制御膜		中間膜	垂直 磁性膜	記録再 生特性 I <sub>W</sub> -レト (10x)	熱揺ら ぎ特性 (%/decade)	静磁気特性		
	組成 (at%)	Bs・t (T・nm)	曝露ガス	酸化層 (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)					Hc (Oe)	Mr/Ms	-Hn (Oe)
実施例1	CoZrNb	110	-	-	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.6	-0.5	4064	0.96	736
実施例30	CoZrNb	110	100%O <sub>2</sub>	2	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.9	-0.6	4103	0.98	689
実施例31	CoZrNb	110	50%O <sub>2</sub> -50%Ar	1	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.8	-0.6	3908	0.96	801
実施例32	CoZrNb	110	大気	2	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.8	-0.5	3899	0.99	778

\*1)中間膜: 65Co-30Cr-5B (厚さ5nm)

\*2)垂直磁性膜: 61Co-20Cr-17Pt-2B (厚さ25nm)

【0065】表5より、軟磁性下地膜2の酸化によつて、優れた記録再生特性が得られたことが分かる。

【0066】(実施例33~39)中間膜4の材料およびその厚さを表6に示すとおりとする以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。(表6参照) \*

\*これらの実施例の磁気記録媒体についての評価試験の結果を表6に示す。

【0067】

【表6】

	軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜		垂直 磁性膜	記録再 生特性 I <sub>W</sub> -レト (10x)	熱揺ら ぎ特性 (%/decade)	静磁気特性		
	組成 (at%)	Bs・t (T・nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)				Hc (Oe)	Mr/Ms	-Hn (Oe)
実施例1	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	5	*1	-5.6	-0.5	4064	0.96	736
実施例33	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5Pt	5	*1	-5.4	-0.6	4030	0.97	1020
実施例34	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	54Co-28Cr-10Pt-8B	5	*1	-5.9	-0.6	4021	0.95	1100
実施例35	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	60Co-40Ru	5	*1	-5.6	-0.5	3991	0.96	1210
実施例36	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	55Co-45B	5	*1	-5.8	-0.6	4288	0.93	1260
実施例37	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	-	-	*1	-5.2	-0.9	4010	0.94	660
実施例38	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	15	*1	-5.2	-0.4	4515	0.97	1350
実施例39	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	65Co-30Cr-5B	40	*1	-4.6	-0.4	4377	0.98	1300

\*1)垂直磁性膜: 61Co-20Cr-17Pt-2B (厚さ25nm)

【0068】表6より、いずれの実施例においても、優れた記録再生特性が得られたことが分かる。

【0069】(実施例40~42)非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に、94Cr-6Moからなる下地膜(厚さ20nm)を設け、その上に、表7に示す硬磁性膜8を設けた以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を※

30※作製した。(表7参照)

これらの実施例の磁気記録媒体についての評価試験の結果を表7に示す。

【0070】

【表7】

	硬磁性膜		軟磁性下地膜		配向制御膜		中間膜	垂直 磁性膜	記録再 生特性 I <sub>W</sub> -レト (10x)	熱揺ら ぎ特性 (%/decade)	静磁気特性			スパイクノイズ
	組成 (at%)	厚さ (nm)	組成 (at%)	Bs・t (T・nm)	組成 (at%)	厚さ (nm)					Hc (Oe)	Mr/Ms	-Hn (Oe)	
実施例1	-	-	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.6	-0.5	4064	0.96	736	外周少し有り
実施例40	64Co-20Cr-14Pt-2B	50	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.5	-0.6	4009	0.97	810	無し
実施例41	64Co-20Cr-14Pt-2B	150	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.5	-0.5	4103	0.95	699	無し
実施例42	84Co-16Sm	50	CoZrNb	110	60Ni-40Ta	8	*1	*2	-5.3	-0.6	3990	0.96	703	無し

\*1)中間膜: 65Co-30Cr-5B (厚さ5nm)

\*2)垂直磁性膜: 61Co-20Cr-17Pt-2B (厚さ25nm)

【0071】表7より、記録再生特性を悪化させることなく、軟磁性下地膜2における磁壁に起因するスパイク状ノイズを抑えることができたことがわかる。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気記録媒体にあっては、非磁性基板上に、直上の膜の配向性を

制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、前記配向制御膜がNiを33~80at%含み、かつSc、Y、Ti、Zr、Hf、Nb、Taのうち1種または2種以上を含む非磁性材料からなるものであるもので、記録再生特性および熱揺らぎ耐性を向上させることができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示す一部断面図である。

【図2】 配向制御膜の電子回折像である。

【図3】 MH曲線の一例を示すグラフである。

【図4】 MH曲線の他の例を示すグラフである。

【図5】  $\Delta\theta$  50の測定方法を説明する説明図である。

【図6】  $\Delta\theta$  50の測定方法を説明する説明図である。

【図7】 ロッキング曲線の一例を示すグラフである。

【図8】 本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を \*

\* 示す一部断面図である。

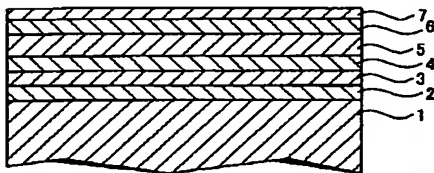
【図9】 本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示す一部断面図である。

【図10】 本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略図であり、(a)は全体構成を示し、(b)は磁気ヘッドを示す。

【符号の説明】

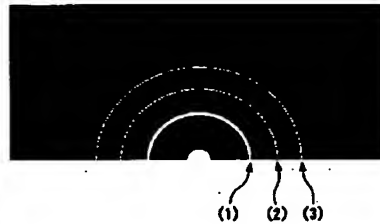
1…非磁性基板、2…軟磁性下地膜、3…配向制御膜、4…中間膜、5…垂直磁性膜、6…保護膜、7…潤滑膜、8…硬磁性膜、9…磁化安定膜、10…磁気記録媒体、11…媒体駆動部、12…磁気ヘッド、12a…主磁極、12b…補助磁極、12c…連結部、12d…コイル、13…ヘッド駆動部、14…記録再生信号処理系

【図1】



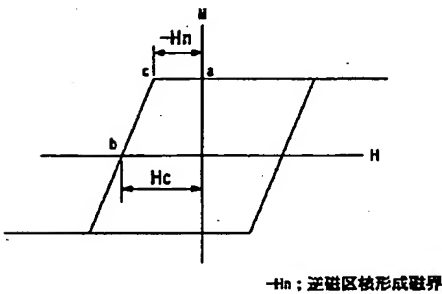
1 : 非磁性基板  
2 : 軟磁性下地膜  
3 : 配向制御膜  
4 : 中間膜  
5 : 垂直磁性膜  
6 : 保護膜  
7 : 潤滑膜

【図2】



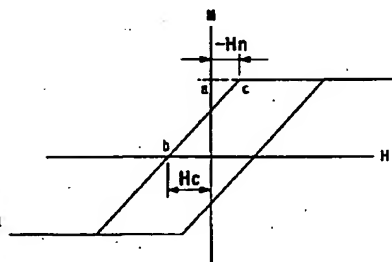
97° No.	結晶面間隔 (Å)	対応する結晶面
(1)	2.30	hcp-Ni (100)
(2)	1.59	hcp-Ni (102)
(3)	1.31	hcp-Ni (110)

【図3】

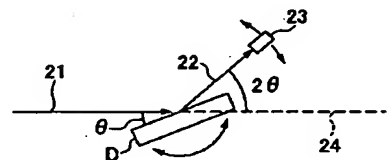


-Hn: 逆磁区核形成磁界

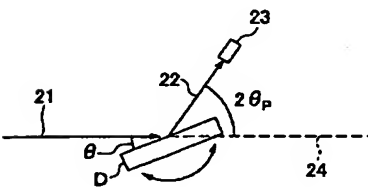
【図4】



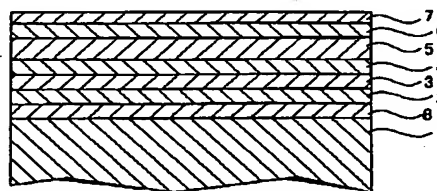
【図5】



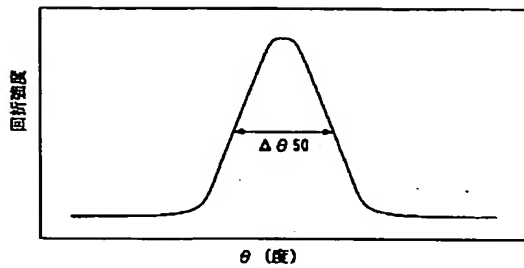
【図6】



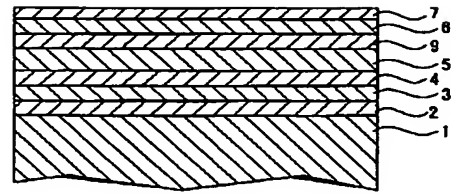
【図8】



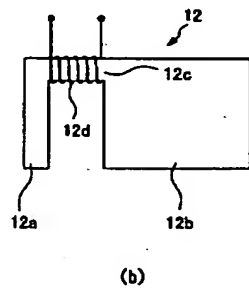
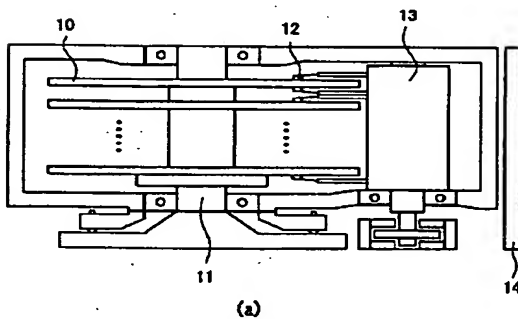
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 坂脇 彰  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内  
(72)発明者 楊 輝  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内  
(72)発明者 望月 寛夫  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 酒井 浩志  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内  
(72)発明者 彦坂 和志  
神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会  
社東芝柳町工場内  
(72)発明者 及川 壮一  
神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会  
社東芝柳町工場内

Fターム(参考) 5D006 B802 B806 B807 B808 DA08  
EA03 FA04 FA09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**